

Original document

HIGHHOUTPUT PHOTODIODE

Publication number: JP55043883

Publication date: 1980-03-27

Inventor: IGUCHI SHINICHI; SASAYA YUKIHIRO; NISHINE SHIROU;
OKUDA HIROSHI

Applicant: SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES

Classification:

- international: **H01L33/00; H01L33/00; (IPC1-7): H01L33/00**

- European:

Application number: JP19780117245 19780922

Priority number(s): JP19780117245 19780922

[View INPADOC patent family](#)

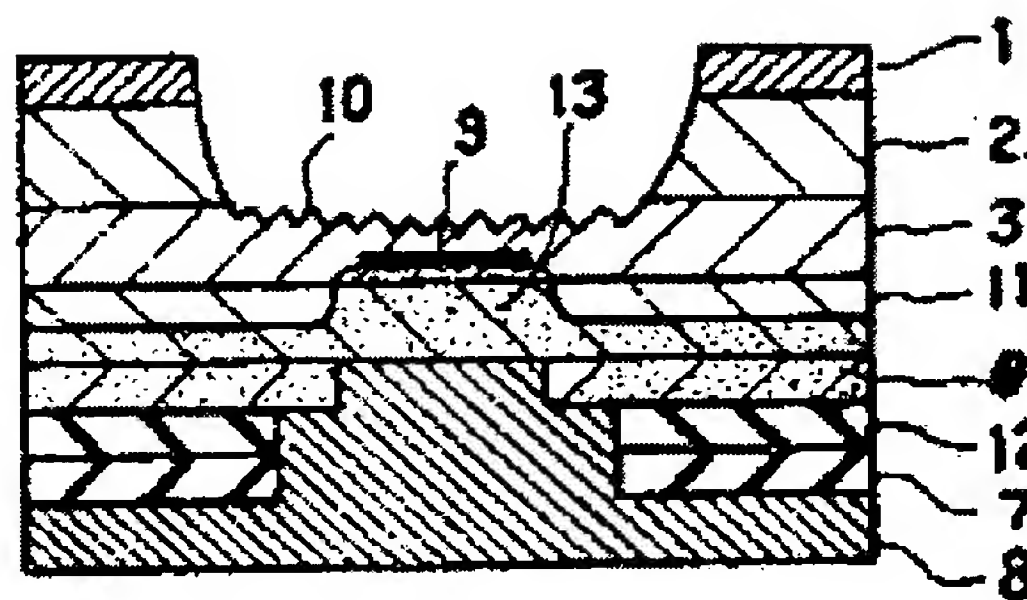
[View list of citing documents](#)

[Report a data error here](#)

Abstract of JP55043883

PURPOSE:To increase the light output from the light-take-out surface, by providing fine and irregular indentations on the light-take-out surface of an N-type Ga1-xAlxAs layer and thereby reducing the total reflection taking place at the boundary of air and the light-take-up surface.

CONSTITUTION:In this photodiode, N-type Ga1-xAlxAs layer 3, N-type Ga1-yAlyAs layer 11 and P-type GaAs layer 6 are formed by epitaxial growth on N-type GaAs base 2, a window reaching N-type Ga1-xAlxAs layer 3 is provided on a part of N-type GaAs base 2, and the surface on N-type Ga1-xAlxAs layer 3 is made rough. The junction between P-type region 13 diffused from P-type GaAs layer 6 and N-type Ga1-xAlxAs layer 3 forms light-emission region 9. Since N-type Ga1-yAlyAs layer 11 has a larger band gap than N-type Ga1-xAlxAs layer 12, current does not flow in the junction with P-type region 13 but concentrates and flows in the junction between P-type region 13 and the Ga1-xAlxAs layer.



Data supplied from the *esp@cenet* database - Worldwide

⑫ 公開特許公報 (A)

昭55—43883

⑪ Int. Cl.³
H 01 L 33/00

識別記号

庁内整理番号
7377—5F

⑬ 公開 昭和55年(1980)3月27日

発明の数 1
審査請求 未請求

(全 5 頁)

⑭ 高出力発光ダイオード

⑮ 特 願 昭53—117245

⑯ 出 願 昭53(1978)9月22日

⑰ 発 明 者 井口信一

大阪市此花区島屋1丁目1番3
号住友電気工業株式会社大阪製
作所内

⑱ 発 明 者 笹谷幸裕

大阪市此花区島屋1丁目1番3
号住友電気工業株式会社大阪製
作所内

⑲ 発 明 者 西根士郎

大阪市此花区島屋1丁目1番3
号住友電気工業株式会社大阪製
作所内

⑳ 発 明 者 奥田寛

大阪市此花区島屋1丁目1番3
号住友電気工業株式会社大阪製
作所内

㉑ 出 願 人 住友電気工業株式会社

大阪市東区北浜5丁目15番地

㉒ 代 理 人 弁理士 玉虫久五郎

明 細 書

1. 発明の名称 高出力発光ダイオード

2. 特許請求の範囲

半導体基板上に導電型式の異なる複数のエピタキシャル成長層を形成し、前記半導体基板の一部を除去して該半導体基板の直上のエピタキシャル成長層を露出させて光取出し面とした発光ダイオードに於いて、前記光取出し面を粗面とし、且つ該光取出し面に対向し、且つ前記光取出し面を有するエピタキシャル成長層の一部に達し、該エピタキシャル成長層と反対の導電型式の拡散層を最上層のエピタキシャル成長層から形成したことを特徴とする高出力発光ダイオード。

3. 発明の詳細な説明

本発明は、高出力発光ダイオードに関するものである。

第1図は従来の発光ダイオードの一例の断面図であり、1は Au-Ge-Ni の電極、2は n 形 GaAs 基板、3は n 形 $Ga_{1-x}Al_xAs$ 層、4は p 形 $Ga_{1-y}Al_yAs$

層、5は p 形 $Ga_{1-x}Al_xAs$ 層、6は p 形 GaAs 層、7は SiO_2 層、8は Au-Zn の電極、9は発光領域、10は光取出し面である。

このような発光ダイオードは、n 形 GaAs 基板 2 に n 形 $Ga_{1-x}Al_xAs$ 層 3、p 形 $Ga_{1-y}Al_yAs$ 層 4、p 形 $Ga_{1-x}Al_xAs$ 層 5、p 形 GaAs 層 6 を順次エピタキシャル成長により形成し、n 形 GaAs 基板 2 に Au-Ge-Ni の電極 1 を蒸着し、発光領域 9 で発生した光を外部に取出す為に、電極 1、n 形 GaAs 基板 2 に窓を開けて光取出し面 10 を形成し、p 形 GaAs 層 6 に SiO_2 層 7 を化学蒸着法 (CVD) により蒸着した後、絶縁層 7 の一部をホットエッチングにより p 形 GaAs 層 6 が露出するまで除去し、Au-Zn を蒸着させ、Au-Zn 電極 8 を形成したものである。

発光領域 9 で生じる光は、あらゆる方向に放射されており、電極 8 の方向に放射された光は良好なオーミック接触を得る為にエピタキシャル成長により形成された p 形 GaAs 層 6 で吸収されてしまい、一方光取出し面 10 方向に放射された光の

うち n 形 $Ga_{1-x}Al_xAs$ 層 3 と空気との屈折率により定まる臨界角を越える角度で光取出し面 10 を照射する光は、 n 形 $Ga_{1-x}Al_xAs$ 層 3 と空気との界面で全反射してしまうので光取出し面 10 より出力することができない。例えば n 形 $Ga_{1-x}Al_xAs$ 層 3 の屈折率 n が 3.5 である場合、その臨界角 θ_c は $\sin^{-1} \frac{1}{3.5}$ で表わされ $\theta_c = 16^\circ$ となり、その時の外部量子効率 η は取出し効率 T と注入効率 ν と内部量子効率 η_{in} との積で表わされる。注入効率 ν は接合部に注入された電子の数と全電の比で表わされ、内部量子効率は発生するフォトン数と接合部に注入された電子の数との比で表わされる。取出し効率 T は、透過率を $|J(\theta)|^2$ とすると、

$$T = \int_0^{\theta_c} |J(\theta)|^2 \sin\theta d\theta / \int_0^\pi \sin\theta d\theta \dots\dots\dots (1)$$

で表わされる。但し透過率 $|J(\theta)|^2 \approx 4n/(n+1)^2$ であり、 $0 \leq \theta \leq \theta_c$ で θ は入射角、 θ_c は臨界角である。従って取出し効率 T は

$$T \approx 4n \cdot \sin^2 \frac{\theta_c}{2} / (n+1)^2 \dots\dots\dots (2)$$

(3)

基板 2 に n 形 $Ga_{1-x}Al_xAs$ 層 3、 p 形 $Ga_{1-y}Al_yAs$ 層 4、 p 形 $Ga_{1-x}Al_xAs$ 層 5 をエピタキシャル成長により順次形成し、 p 形 $Ga_{1-x}Al_xAs$ 層 5 に SiO_2 層 7 を化学蒸着法 (CVD) により蒸着し、 $Au-Zn$ 電極 8 と p 形 $Ga_{1-x}Al_xAs$ 層 5 が接触するように、絶縁層 7 の一部分をホットエッチングにより除去し、 p 形 $Ga_{1-x}Al_xAs$ 層 5 まで貫通する窓を設け、 $Au-Zn$ を蒸着して $Au-Zn$ 電極 8 を形成し、次に $Au-Ge-Ni$ 電極 1 を n 形 $GaAs$ 基板 2 に蒸着した後 $Au-Ge-Ni$ 電極 1 の一部を除去し、引き続き $HNO_3 : H_2O_2 : H_2O = 8 : 2 : 30$ の $50^\circ C$ のエッチング液、あるいは HNO_3 を H_3PO_4 、又は HCl に変えたエッチング液でエッチングすることにより、 n 形 $GaAs$ 基板 2 の一部分を除去し、表面が不規則で細かい凹凸を有する n 形 $Ga_{1-x}Al_xAs$ 層 3 を露出させ、この面を光取出し面 10 としたものである。

光取出し面 10 の表面は不規則で細かい凹凸を有しているので、光取出し面 10 が平面である場合ならば、空気と光取出し面 10 との界面で全反射してしまい外部へ出力することができない光も光

(5)

で表わされることになる。又外部量子効率 η は、

$$\eta = T \cdot \nu \cdot \eta_{in} \leq 4n \cdot \sin^2 \frac{\theta_c}{2} \dots\dots (3)$$

となる。従って臨界角 $\theta_c = 16^\circ$ の場合外部量子効率 η を 14% 以上とすることはできない。

又、光ファイバとの結合効率を向上させる為には、発光領域 9 の径を小さくする必要があり、発光領域 9 の径を小さくする為には $Au-Zn$ 電極 8 と p 形 $GaAs$ 層 6 との接触面を小さくする必要があるが、接触面積を小さくすると接触抵抗が増加するので発熱により発光ダイオードの特性を劣化する恐れがあつた。また発光領域 9 の径を電極 8 と p 形 $GaAs$ 層 6 との接触面の径より小さくすることは困難であつた。

又、光取出し面 10 と空気との界面で全反射される光を減少させ、且つ光取出し面 10 と反対方向に放射される光は $Au-Zn$ 電極 8 で反射し、光取出し面 10 から出力するように第 2 図に示す構造を有する発光ダイオードも考えられている。

この第 2 図に示す発光ダイオードは、 n 形 $GaAs$

(4)

取出し面 10 より出力することができ、光を吸収する $GaAs$ 層を用いていないので発光領域 9 より $Au-Zn$ 電極方向に放射された光も $Au-Zn$ 電極 8 で反射され光取出し面 10 より外部へ出力される。

しかし、 $Au-Zn$ 電極 8 と p 形 $Ga_{1-x}Al_xAs$ 層 5 とは直接接触しているので良好なオーミック接触を得ることは困難であり、発熱により発光ダイオードの特性の劣化が起る恐れがあつた。又 n 形 $Ga_{1-x}Al_xAs$ 層 3 の屈折率と p 形 $Ga_{1-y}Al_yAs$ 層 4 の屈折率は異なっており、 n 形 $Ga_{1-x}Al_xAs$ 層 3 の屈折率が p 形 $Ga_{1-y}Al_yAs$ 層 4 の屈折率より 3% 低い場合について見てみると、 p 形 $Ga_{1-y}Al_yAs$ 層 4 から n 形 $Ga_{1-x}Al_xAs$ 層 3 に入射する光の臨界角は 75.9° であり、 $Au-Zn$ 電極 8 で 100% 反射されたとしても発光領域 9 より放射された光のうち $100 \times 2 \sin^2 \frac{75.9^\circ}{2} = 75.7\%$ しか n 形 $Ga_{1-x}Al_xAs$ 層 3 に入射されないことになり、残りの 24.3% は光取出し面 10 からは出力されないと言う欠点があつた。

(6)

本発明は前述の如き欠点を解消し、光ファイバとの結合効率の向上した高出力発光ダイオードを提供することを目的としている。以下実施例について詳細に説明する。

第3図は本発明の実施例の断面図であり、11は n 形 $Ga_{1-y}Al_yAs$ 層、12は SiO_2 層、13は p 形領域であり、他の第1図と同一符号は同一部分を表わしている。

この発光ダイオードは、 n 形 $GaAs$ 基板2上にエピタキシャル成長により形成された n 形 $Ga_{1-x}Al_xAs$ 層3、 n 形 $Ga_{1-y}Al_yAs$ 層11（注入されたキャリアの閉じ込めの為 $y > x + 0.2$ とする） p 形 $GaAs$ 層6を有しており、この n 形 $GaAs$ 基板2の一部に n 形 $Ga_{1-x}Al_xAs$ 層3まで達する窓を持ち、 n 形 $Ga_{1-x}Al_xAs$ 層3表面を粗面とした構造のものであり、 p 形 $GaAs$ 層6より拡散した p 形領域13と n 形 $Ga_{1-x}Al_xAs$ 層3との接合面を発光領域9としている。 n 形 $Ga_{1-y}Al_yAs$ 層11は n 形 $Ga_{1-x}Al_xAs$ 層12よりバンドギャップが大きい為、電流は p 形領域13との接合面には流れず、 p 形領域13

(7)

の拡散は第4図に示した形となり、 p 形領域13が形成される。 SiO_2 層を介して拡散を行なうのは p 形 $GaAs$ 層6の保護の為と、発光ダイオードに適した不純物濃度を得る為である。この時の n 形 $Ga_{1-y}Al_yAs$ 層11表面の Zn 濃度は $5 \times 10^{18} cm^{-2}$ である。

次に SiO_2 等の絶縁層7、 p 形 $GaAs$ 層6の一部をエッチングにより除去し、 $Au-Zn$ を蒸着し、 $Au-Zn$ 電極8を形成する。このようにすることによつて n 形 $Ga_{1-x}Al_xAs$ 層3中に拡散した p 形領域13の面積を電極8と n 形 $Ga_{1-y}Al_yAs$ 層11との接触面の面積より小さなものとする事が可能であり、従つて発光領域9を微小なものとする事が可能である。一方 n 形 $GaAs$ 層2には $Au:Ge:Ni = 10:1:1$ を蒸着し、電極1を形成する。電極1を形成した後、 $Au-Ge-Ni$ 電極1の一部を除去し、引き続き $HNO_3:H_2O_2:H_2O = 8:2:30$ あるいは HNO_3 を H_3PO_4 または HCl に変えた $50^\circ C$ のエッチング液を用い、 n 形 $GaAs$ 基板2の一部を除去し、不規則で細かい凹凸を有する n 形

(9)

と n 形 $Ga_{1-x}Al_xAs$ 層との接合面に集中して流れる。

このような構造を有する発光ダイオードの製造方法は、 n 形 $GaAs$ 基板2上に n 形 $Ga_{1-x}Al_xAs$ 層3、 n 形 $Ga_{1-y}Al_yAs$ 層11、 p 形 $GaAs$ 層6を順次エピタキシャル成長により形成し、更に厚さ 3000 \AA の SiO_2 層12を p 形 $GaAs$ 層6表面に化学蒸着法(CVD)により蒸着し、選択拡散を行なう部分の SiO_2 層12をホットエッチングにより除去した後、新たに厚さ 3000 \AA の SiO_2 層7を化学蒸着法(CVD)により SiO_2 層12の上に重ねて蒸着し、真空封入し SiO_2 層7を通して Zn の拡散を行ない、 n 形 $Ga_{1-y}Al_yAs$ 層11、 n 形 $Ga_{1-x}Al_xAs$ 層3の一部を p 形領域13にする。第4図は上記の拡散工程を示したものである。 Zn は SiO_2 層7および SiO_2 層12を通して拡散するが、 SiO_2 層12は部分的に除去されている為この部分は他の部分に比べて SiO_2 層の厚さが薄くなっている。 Zn は SiO_2 層の厚さが薄い部分では深く拡散し、 SiO_2 層の厚さが厚い部分では浅く拡散する。従つて Zn

(8)

$Ga_{1-x}Al_xAs$ 層3の表面が露出するまでエッチングを行ない、光取出し面10を形成した後エッチング液を $NH_4OH:H_2O_2 = 1:30$ のエッチング液に変え、エッチングが進行しなければ n 形 $Ga_{1-x}Al_xAs$ 層が露出し、光取出し面10が形成されたことが確認されたことになる。

このようにして製造した第3図の構造を有する発光ダイオードは、光取出し面10の表面が不規則で細かい凹凸を有しているので光取出し面が平面である場合ならば光取出し面と空気との界面で全反射してしまう角度で入射した光も光取出し面10より外部へ出力することができ、従つて外部へ出力する光の量は増加する。

又、 Zn を p 形 $GaAs$ 層6、 n 形 $Ga_{1-y}Al_yAs$ 層11、 n 形 $Ga_{1-x}Al_xAs$ 層3に拡散し、 p 形領域13を形成しているので、発光領域9である n 形 $Ga_{1-x}Al_xAs$ 層3と p 形領域13の接合面の面積を電極と n 形 $Ga_{1-y}Al_yAs$ 層3との接触面の面積よりも小さくすることが可能である。従つて発光領域9の径を微小なものとする事が可能であり、光ファ

(10)

イバとの結合効率を向上させることができる。この場合発光領域 9 から $Au-Zn$ 電極 8 方向に放射される光を $Au-Zn$ 電極 8 で反射させ、光取出し面 10 より出力させる光を多くする為に、 $Au-Zn$ 電極 8 の径を大きくしても発光領域 9 の径は p 形領域と n 形 $Ga_{1-x}Al_xAs$ 層との接合面の径によつて定まるので発光領域 9 の径を微小に保つておくことができる。

又、発光領域 9 は、光取出し面 10 を有している n 形 $Ga_{1-x}Al_xAs$ 層 3 中にある $p-n$ 接合面であるので放射された光は、従来の発光ダイオードのように光取出し面 10 と発光領域 9 との間に他の層がないので、この層による全反射が起らないので、より多くの光を出力することができる。

以上説明したように、本発明は光取出し面である n 形 $Ga_{1-x}Al_xAs$ 層 3 の表面を不規則で細かい凹凸を有している面としているので、空気と光取出し面との界面で起る全反射を減少させ、光取出し面から出力する光を増加させることができ、又不純物を選択拡散することにより、 n 形 $Ga_{1-x}Al_xAs$

(11)

SiO_2 層、8 は $Au-Zn$ の電極、9 は発光領域、10 は光取出し面、11 は n 形 $Ga_{1-y}Al_yAs$ 層、12 は SiO_2 層、13 は p 形領域である。

層の一部に p 形領域を形成し、この接合面が発光領域となるので、発光領域の径を電極と n 形 $Ga_{1-y}Al_yAs$ 層との接触面の面積より小さくすることができ、従つて発光領域の径を微小なものにできる。従つて光ファイバとの結合効率を向上することができる。この場合 $Au-Zn$ 電極と p 形 $Ga_{1-y}Al_yAs$ 層との接触面を大きくし、良好なオーミック接触が得られるようにすると共に $Au-Zn$ 電極方向に放射された光を $Au-Zn$ 電極でより多く反射し、光取出し面から出力する光を増加させる構造としても、発光領域の径を微小にしておくことができるので光ファイバとの結合効率を劣化させることはない。

4. 図面の簡単な説明

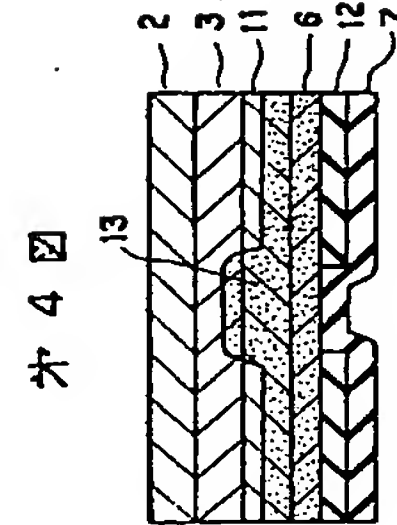
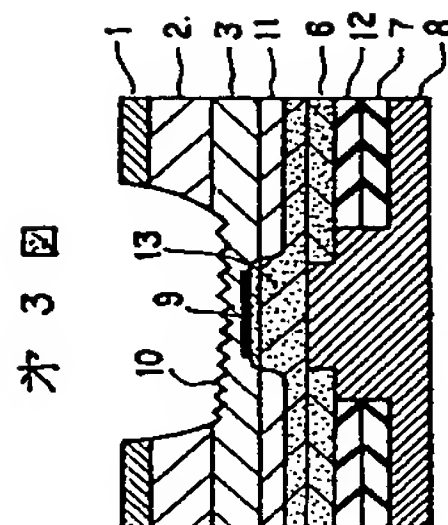
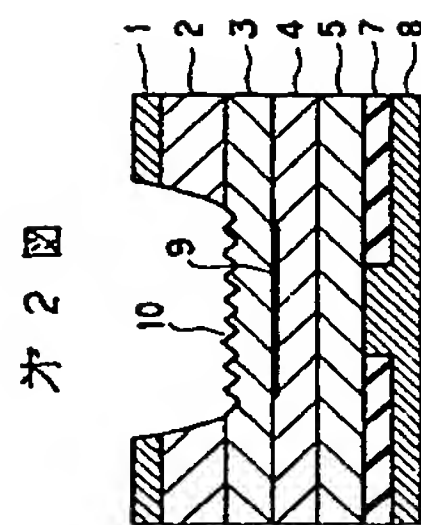
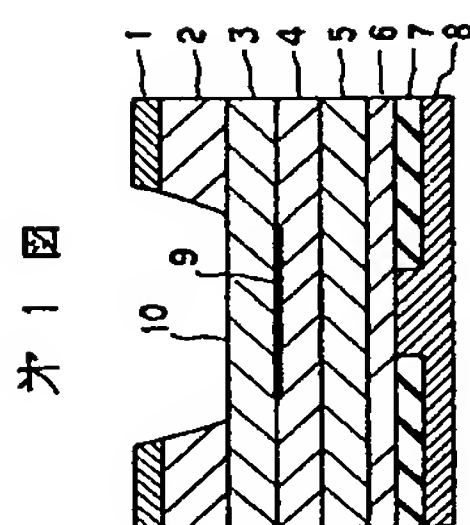
第 1 図、第 2 図は従来の発光ダイオードの断面図、第 3 図は本発明の実施例の断面図、第 4 図は Zn 拡散工程の説明図である。

1 は $Au-Ge-Zn$ 電極、2 は n 形 $GaAs$ 基板、3 は n 形 $Ga_{1-x}Al_xAs$ 層、4 は p 形 $Ga_{1-y}Al_yAs$ 層、5 は p 形 $Ga_{1-x}Al_xAs$ 層、6 は p 形 $GaAs$ 層、7 は

(12)

特許出願人 住友電気工業株式会社

代理人 弁理士 玉 蟲 久 五 郎



手続補正書(自発)

昭和53年10月30日

特許庁長官 熊谷善二殿

1. 事件の表示

昭和53年特許願第117245号

2. 発明の名称

高出力発光ダイオード

3. 補正をする者

事件との関係 特許出願人

住所 大阪市東区北浜5丁目15番地

氏名 (213) 住友電気工業株式会社

代表者 亀井正夫

4. 代理人

住所 東京都豊島区南長崎2丁目5番2号

氏名 (7139) 弁理士 玉蟲久五郎

5. 補正により増加する発明の数

なし

6. 補正の対象

明細書発明の詳細な説明の欄

7. 補正の内容

別紙の通り特許庁

53.10.31

出願第二課
出 渡

1. 明細書第3頁第10行「全電の比」を
「全電流の比」と補正する。

2. 同書第7頁第18行ないし19行「 n 形 $Ga_{1-x}Al_xAs$
層12」を

「 n 形 $Ga_{1-x}Al_xAs$ 層3」と補正する。

3. 同書第9頁第7行「絶縁層7」を
「絶縁層7, 12」と補正する。

4. 同書第10頁第18行「 n 形 $Ga_{1-y}Al_yAs$ 層3」
を

「 n 形 $Ga_{1-y}Al_yAs$ 層11」と補正する。